

STUDI REDAMAN MEDIUM TERHADAP GELOMBANG SEISMİK DI GUNUNGAPI SLAMET, JAWA TENGAH

Wahyudi P dan Kirbani SB

Laboratorium Geofisika, Jurusan Fisika, FMIPA-UGM, Sekip Utara, Yogyakarta 55281,
Telp. +62-0274-522214, Fax: +62-0274-545185, E-mail: *Kirbani@idola.net.id*

INTISARI

Telah dilakukan pengukuran seismik di Gunung Slamet pada tanggal 16 sampai 21 September 1997 sebagai studi seismik pendahuluan, yang dimulai dari ketinggian 1550 m di atas permukaan laut dimana diletakkan stasiun referensi (base station), hingga ke puncak (3428 m). Frekuensi dominan dari spektrum seismogram peka kecepatan diperoleh antara 1 sampai dengan 12 Hz. Didapat harga faktor kualitas (Q) medium di Gunung Slamet berdasarkan metode rasio spektrum berkisar antara 26 sampai dengan 138 λ /dB dan dengan menganggap kecepatan gelombang seismik pada medium ini sebesar 1500 m/s maka diperoleh koefisien redaman berkisar antara (0,8 sampai dengan 8,7). 10^{-4} dB/m untuk frekuensi 5 sampai dengan 11 Hz.

Kata kunci : Seismik, Gunungapi

A STUDY OF DAMPING FACTOR OF MEDIUM PROPAGATING SEISMIC WAVES ON SLAMET VOLCANO, CENTRAL JAVA

ABSTRACT

A preliminary seismic investigation on Slamet Volcano has been conducted by measuring the seismic signal from elevation of 1550 m above MSL to the summit of 3428 m above MSL on September 16th to 21st, 1997.

One to twelve Hz dominant frequency spectra could be seen from the velocity seismograms. The values of medium quality factor (Q) in Slamet Volcano based on the spectral ratio method found to be 26 up to 138 λ /dB and by assuming the velocity of the P wave on the medium is 1500 m/s, then the absorption coefficient is (0.8 up to 8.7). 10^{-4} dB/m for the frequency of 5 up to 11 Hz.

Keyword : Seismic, Volcano

I. PENDAHULUAN

Metoda seismik pada dasarnya tergantung pada penjalaran gelombang dalam media elastis. Untuk mengetahui sifat gelombang seismik, terlebih dahulu perlu menentukan kuantitas yang menggambarkan sifat kelentingan dari medium. Untuk meninjau sifat lenting suatu medium, dianggap bahwa medium itu homogen isotropis.

Secara umum gelombang seismik merambat ke segala arah dengan waktu tempuh yang berbeda-beda bergantung pada kelentingan medium yang dilaluinya. Karena bumi bersifat dispersif, absorbsif serta sekaligus sebagai tapis frekuensi bagi perambatan gelombang seismik, maka setiap gelombang yang melaluinya akan diperlakukan sesuai dengan sifat-sifat di atas yang bergantung pada struktur, komposisi, dan karakteristik batuan di bawah permukaan. Selanjutnya hal ini akan mempengaruhi kecepatan dan energi dari gelombang seismik untuk menembus batuan. Pelemahan atau yang sering disebut atenuasi pada gelombang akan mempengaruhi perhitungan dan interpretasi data gelombang seismik, karena hal ini menyangkut beberapa parameter yang diperlukan dalam pengolahan data, seperti frekuensi, amplitudo, waktu, dan kecepatan penjalaran gelombang.

Perubahan amplitudo, frekuensi dan fasa, maupun pelebaran pulsa akibat efek peredaman pada gelombang, selain ditentukan oleh konfigurasi geometri akuisisi datanya, juga ditentukan oleh kondisi fisik mediumnya. Nilai koefisien redaman yang bergantung pada faktor-faktor fisis tersebut berbanding terbalik dengan faktor kualitas Q , yang merupakan kemampuan medium untuk meneruskan gelombang yang melaluinya.

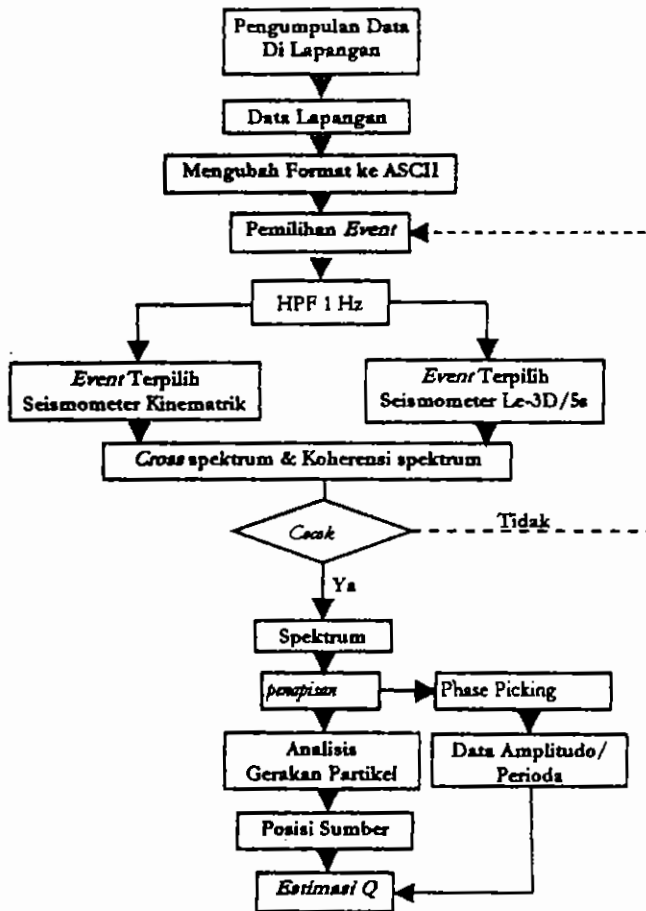
II. METODE RASIO SPEKTRUM (RASIO SPEKTRUM-FREKUENSI)

Dalam teori gelombang, amplitudo gelombang yang merambat di dalam medium homogen, dinyatakan dengan persamaan

$$A_x(x, t) = A_0 e^{-\alpha x} e^{i(kx - \omega t)} \quad (1)$$

dengan x adalah jarak tempuh sinyal dari posisi *geophone* referensi (Toksoz dkk.,1978; Tarif dan Bourbie,1987).

III. PROSEDUR PENELITIAN



Gambar 1. Skema pengolahan data

Seismometer yang digunakan untuk pengukuran ini adalah Seismometer Lennartz tiga komponen (Le-3D/5s) dengan frekuensi diri 0,2 Hz untuk *station* yang bergerak dan tiga seismometer Kinematik satu komponen dengan frekuensi diri 1 Hz untuk *station* referensi. Keempat seismometer ini merekam sinyal seismik secara bersama-sama.

Hasil rekaman dari Seismograf Kinematik dihubungkan dengan *tape recorder* dan rekaman dari *Data logger* Mars 88 yang dipakai dalam penelitian ini mempunyai bentuk yang berbeda, *Data logger* Mars 88 menghasilkan data digital dan hasil rekaman Seismograf Kinematik masih berupa data analog. Data yang

Pengukuran dilakukan dengan meletakkan seismometer pertama pada ketinggian 1550 m dpl di lereng sebelah timur laut sebagai *station* referensi (*base station*). Pengukuran untuk *station* bergerak dilakukan dengan interval ketinggian 100 m dari ketinggian sebelumnya dimulai dari ketinggian 2000 m dpl hingga ke puncak (3428 m dpl). Tiap *station* direkam selama kurang lebih 1,5 jam dan khusus untuk pengukuran di Puncak dilakukan pengukuran selama 6 jam terus-menerus.

terekam dalam *Data logger* mempunyai format sesuai dengan *Data logger* yang digunakan, untuk Mars 88, format datanya dalam format Mars dan untuk Seismograf Kinematrik harus diubah dulu ke format Mars untuk pendigitasian dari data analog menjadi data digital. Untuk mengubah data analog yang dihasilkan oleh Seismometer Kinematrik menjadi data digital, *sampling rate* yang digunakan harus sesuai dengan *sampling rate* yang digunakan pada Seismometer Le-3D/5s. *Sampling rate*-yang dipakai pada saat perekaman data Seismometer Le-3D/5s sebesar 32 ms, maka frekuensi *nyquist*nya 15.625 Hz (Aki dan Richards,1980). Untuk dapat diproses lebih lanjut, dari format instrumen ini harus diubah ke format lain yang dapat dibaca oleh perangkat lunak pengolahan data. Pada akhirnya semua data lapangan diubah ke dalam format ASCII dengan menggunakan program komputer Marsdump. Program Marsdump adalah program bawaan untuk pengoperasian Mars-88, yang bisa menghasilkan data dalam berbagai bentuk yaitu data ASCII 1 komponen, data ASCII 3 komponen, data biner 1 komponen dan data biner 3 komponen. Sedangkan data yang dihasilkan dari proses pada penelitian ini berupa *file* ASCII yang berisi data 3 komponen arah. Format ini sudah dapat dibaca oleh perangkat lunak PITSA yang digunakan untuk menganalisis data dalam penelitian ini. Setelah diubah ke dalam format ASCII maka data harus dibagi dengan konstanta 400 untuk memperoleh data dalam satuan $\mu m/s$.

IV.1. HASIL ANALISIS KOHERENSI KAWASAN WAKTU DAN FREKUENSI

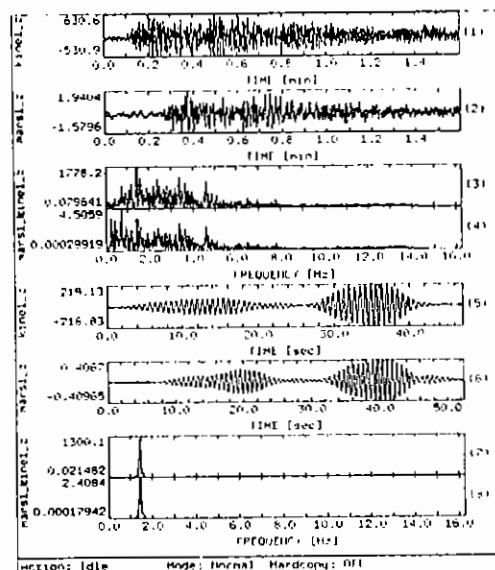
Data seismik yang dihasilkan oleh kedua jenis seismometer yang dipakai dalam penelitian ini mempunyai perbedaan kandungan frekuensi, yang disebabkan kedua jenis seismometer yang digunakan mempunyai frekuensi natural yang berbeda.

Seismometer Le-3D/5s mempunyai frekuensi natural 0,2 Hz sedangkan Seismometer Kinematrik mempunyai frekuensi natural 1 Hz maka untuk menyamakan jangkauan frekuensi kedua jenis seismometer itu, kedua data seismik yang dihasilkan harus ditapis lolos tinggi 1 Hz. Jika dari bentuk sampul

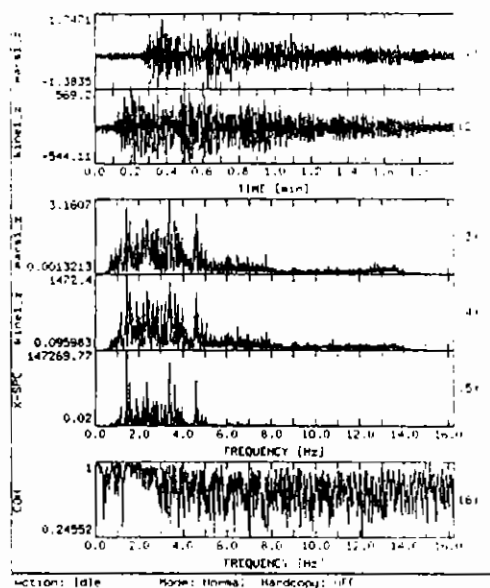
gelombang dan waktu tiba pada keenam seismogram yang mewakili 1 gejala, ada kemiripan maka sinyal itu dapat dikatakan koheren dalam kawasan waktu, dengan demikian dapat diasumsikan bahwa kedua data seismik Le-3D/5s dan Kinematik komponen Z yang mewakili satu gejala pada tiap pengukuran koheren dan berasal dari satu sumber.

Kemiripan dari kedua spektrum dapat dilihat dengan nilai koefisien koherensi spektrum apabila nilai koefisien koherensinya semakin mendekati nilai satu maka kedua spektrum itu semakin mirip. Hasil analisis menggunakan koherensi spektrum terhadap data-data seismik yang terpilih menunjukkan bahwa nilai koefisien koherensinya hampir semuanya mendekati nilai satu.

Berdasarkan hasil tersebut maka dapat diasumsikan bahwa seismogram-seismogram itu merupakan gejala yang sama dan semakin menguatkan asumsi sebelumnya, yang berdasarkan analisis koherensi kawasan waktu.



Gambar 2 Spektrum dari data seismik mentah yang sudah tertapis yang terekam pada stasiun I (1550 m dpl)

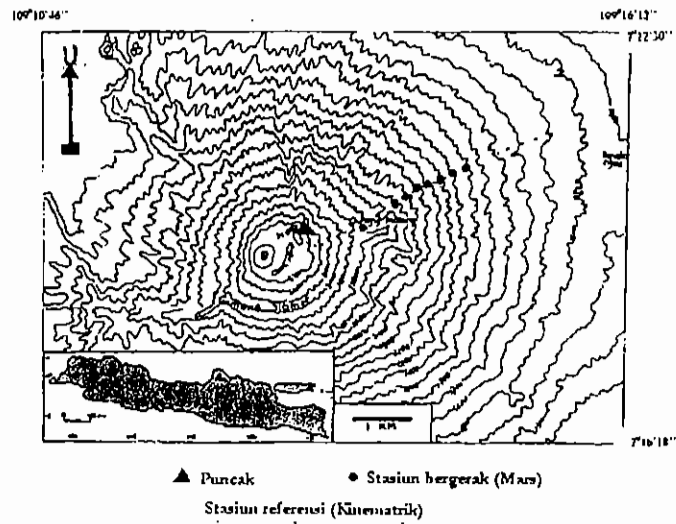


Gambar 3. Hasil kros spektrum dan koherensi spektrum pada stasiun I (1550 m dpl)

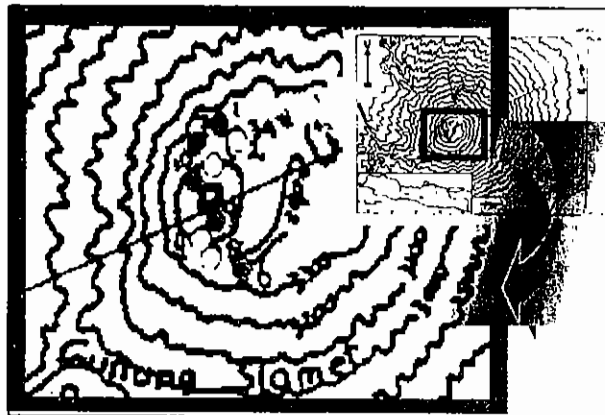
IV.2. HASIL ANALISIS GERAKAN PARTIKEL

Tabel 1 Hasil perhitungan ketinggian sumber gelombang seismik dari permukaan laut

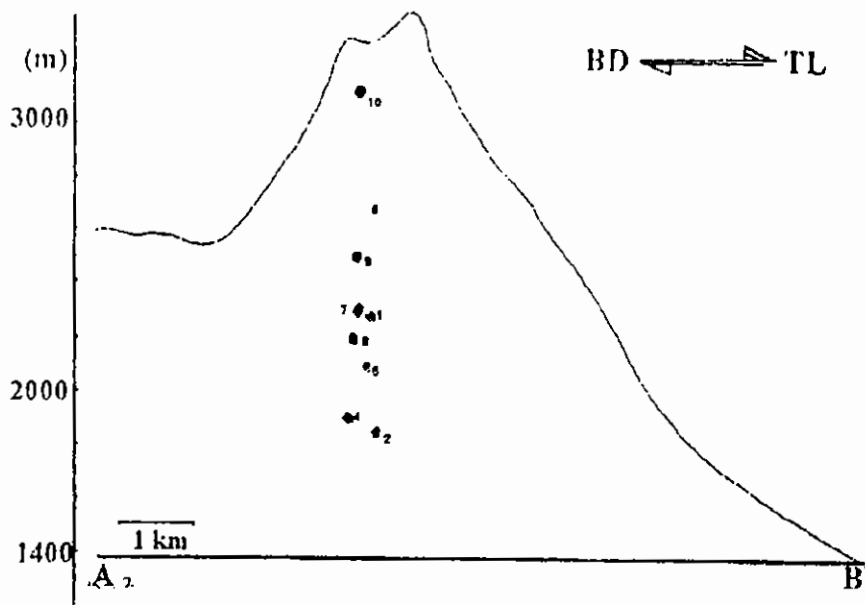
Stasiun	$(\alpha \pm 2)^\circ$	$(i \pm 2)^\circ$	$(\gamma \pm 2)^\circ$	$(r \pm 0,1)$ <i>km</i>	$(l \pm 60)$ <i>m</i>	$(h \pm 60)$ <i>m</i>
Mars1	250	277	-7	5,7	-749	2274
Mars 2	251	268	2	3,7	155	1845
Mars 4	244	265	5	3,4	308	1907
Mars 5	249	266	4	3,1	207	2113
Mars 6	238	276	-6	2,9	-313	2718
Mars 7	253	266	4	2,8	199	2326
Mars 8	242	261	9	2,6	428	2172
Mars 9	253	99	9	1,8	293	2507
Mars 10	234	248	22	0,7	283	3117



Gambar 4 Jalur Stasiun pengukuran seismik di Gunung Slamet



Gambar 5. Pemetaan posisi episenter di atas peta topografi Gunung Slamet



Gambar 6. Posisi hiposenter pada bidang vertikal sayatan A-B

Harga-harga episenter selanjutnya dipetakan di peta topografi (Gambar 5) dan harga-harga posisi sumber (h) dipetakan pada sayatan secara vertikal Gunung Slamet menurut lintasan A-B (Gambar 6). Pemetaan posisi hiposenter dan episenter menunjukkan bahwa sumber gelombang seismik di Gunung Slamet bukan berasal dari sumber tunggal tetapi membentuk suatu zona sumber gelombang seismik yang kalau dipetakan pada peta topografi terletak pada sekitar kawah, sedangkan kalau dilihat pada proyeksi posisi sumber pada sayatan bidang vertikal akan diketahui bahwa posisi episenternya terletak pada kedalaman yang bervariasi. Untuk menentukan bentuk kantong magma atau perut magma yang diasumsikan sebagai sumber gelombang seismik diperlukan studi yang lebih mendalam dan terpadu dengan berbagai metode geofisika.

IV.3. HASIL PERHITUNGAN FAKTOR KUALITAS (Q) MEDIUM

Perhitungan faktor kualitas dengan menggunakan metode rasio spektrum adalah dengan cara membandingkan dua amplitudo dari dua stasiun pengukuran seismik yang berlainan jaraknya.

Setelah pemilihan amplitudo pada kedua seismogram komponen Z, maka log rasio amplitudo itu diplotkan sesuai frekuensinya, sehingga akan membentuk grafik garis linier, dari grafik ini faktor kualitas dapat dihitung menggunakan gradien dari grafik itu, dengan mengasumsikan bahwa kecepatan gelombang seismik di sekitar Gunung Slamet 1500 m/s maka didapat harga faktor kualitas dan koefisien redaman pada beberapa frekuensi seperti dalam tabel 2.

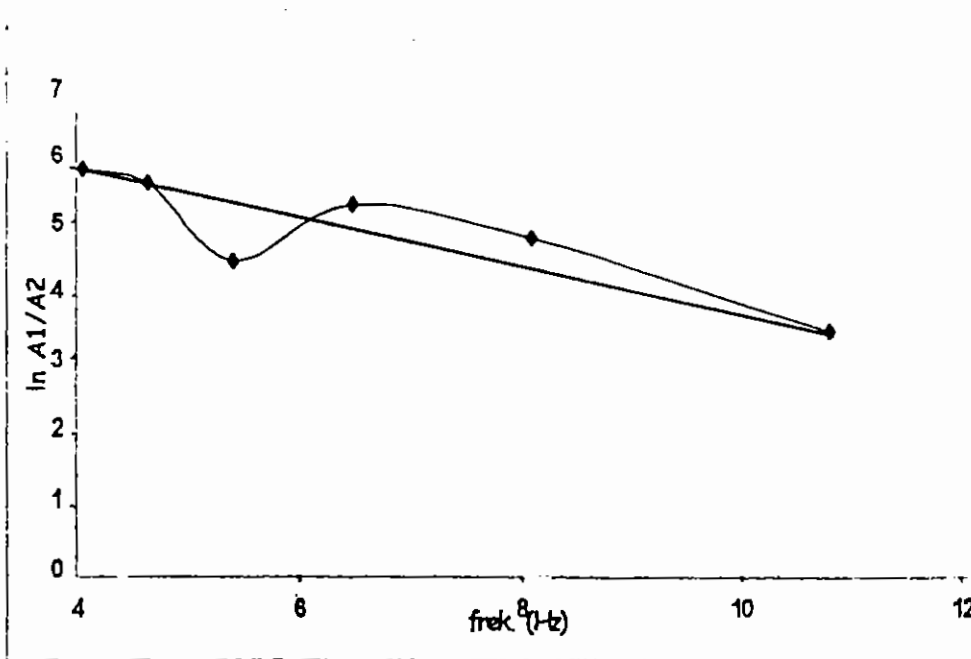
Tabel 2 Harga faktor kualitas (Q) dan redaman (α) dari grafik perbandingan amplitudo relatif terhadap frekuensi

Ketinggian Stasiun	$(\Delta x \pm 60) \text{ m}$	$(m \pm 0,5) \cdot 10^{-3}$	$Q \pm 10$	$\alpha \cdot 10^{-4}$ $f=5,4\text{Hz}$	$\alpha \cdot 10^{-4}$ $f=6,5\text{Hz}$	$\alpha \cdot 10^{-4}$ $f=8,12\text{Hz}$	$\alpha \cdot 10^{-4}$ $f=10,8\text{Hz}$
2 (2000 m)	1916	-29,1	138	0,8	1,0	1,2	1,6
4 (2200 m)	2319	-97,0	50	2,3	2,7	3,4	4,5
5 (2300 m)	2663	-142,2	39	2,9	3,5	4,4	5,8
6 (2400 m)	2961	-234,7	26	4,2	5,2	6,5	8,7
7 (2500 m)	3115	-76,1	86	1,3	1,6	2,0	2,6
8 (2600 m)	3217	-84,6	80	1,4	1,7	2,1	2,8
9 (2800 m)	3950	-307,1	27	4,1	5,0	6,3	8,4
10 (3400 m)	5164	-154,7	70	1,6	1,9	2,4	3,2

Dari tabel 2 (yang berdasarkan log perbandingan amplitudo relatif terhadap frekuensi) didapat harga faktor kualitas yang bervariasi antara harga 26 sampai dengan 138 λ/dB dan harga koefisien redaman yang berkisar (0,8 sampai dengan 8,7) $\cdot 10^{-4} \text{ dB/m}$. Volarovich & Gurevich 1957, (diambil dari Santoso, 1994) dan Gordon & Davis, 1968 (op.cit. Toksoz dan Johnston, 1981) mengungkapkan adanya ketergantungan redaman terhadap temperatur terutama untuk temperatur yang di atas 150°C yang menghasilkan retakan-retakan thermal,

sehingga nilai redaman meningkat, tetapi menunjukkan tidak adanya ketergantungan pada temperatur di bawah 150°C .

Apabila harga-harga faktor kualitas atau redaman hasil dari penelitian ini dikaitkan dengan sifat kebergantungannya terhadap temperatur maka diperkirakan pada ketinggian 2200 sampai dengan 2400 m di atas permukaan laut terdapat kantong magma (diasumsikan temperatur kantong magma di atas 150°C), karena harga faktor kualitas pada ketinggian tersebut tiba-tiba menurun sangat tajam, namun untuk mengetahui kedalaman dan bentuk kantong magma secara lebih terperinci perlu dilakukan penelitian geofisika dengan berbagai metode.



Gambar 7. Grafik $\ln A_1/A_2$ vs frekuensi pada stasiun 9 (2800 m dpl)

Tabel 3 Harga faktor kualitas Q pada beberapa batuan

Jenis Batuan	Q (λ /dB)	$(\alpha\lambda)/m$
Batuan Sedimen	20 - 200	0,16 - 0,02
Batu Pasir	70 - 130	0,05 - 0,02
Batu Lempung	20 - 70	0,16 - 0,05
Batu Gamping	50 - 200	0,06 - 0,02
Batu kapur	135	0,02
Dolomit	190	0,02
Batuan dengan rongga berisi gas	5 - 50	0,63 - 0,06
Batuan Metamorf	200 - 400	0,02 - 0,01
Batuan Beku	75 - 300	0,04 - 0,01

(Sumber : Sheriff dan Geldart, 1995)

Dari tabel 3 dapat ditafsirkan bahwa medium penyusun Gunung Slamet terdiri dari batuan sedimen (pasir, batulempung dan batuan beku). Hal ini bisa dimengerti karena batuan beku merupakan produk dari lava atau beku intrusif, pasir berasal dari letusan yang eksplosif (piroklastik), batulempung merupakan hasil *alterasi* (pelapukan) dari batuan yang diintrusi oleh magma. Batuan sedimen kemungkinan tersusun atas fragmen berupa batuan beku, matrik berupa pasir dan semennya berupa lempung.

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sumber gelombang seismik Gunung Slamet bukan merupakan sumber tunggal, tetapi terdistribusi di bawah kawah dengan kedalaman yang bervariasi berkisar pada kedalaman (300 sampai dengan 1500) m dari puncak.
2. Diperoleh harga faktor kualitas (Q) medium terhadap gelombang seismik di Gunung Slamet berkisar antara 26 sampai dengan 138 λ /dB dan koefisien redaman mempunyai harga sekitar (0,8 sampai dengan 8,7). 10^{-4} dB/m untuk frekuensi 5 sampai dengan 11 Hz.
3. Diperkirakan pada ketinggian 2200 sampai dengan 2400 m di atas permukaan laut terdapat kantong magma (diasumsikan temperatur kantong magma di atas 150°C).

DAFTAR PUSTAKA

- Aki, K., and Richards, P.G.,1980, "*Quantitative Seismology*", vol. I., W.H., Freeman and Co.
- Gordon, R.B., and Davis, L.A.,1968, "*Velocity and Attenuation of Seismic Waves in Imperfectly Elastic Rock*", Journal of Geophysics Research vol. 73.
- Santoso, W., 1994, "*Implementasi Estimasi Faktor Kualitas Seismik Q Dengan Metoda-Metoda Komputasi Q Untuk Pengujian Keandalan Estimasi Parameter Redaman Seismik*", Skripsi Jurusan Geofisika dan Meteorologi, FMIPA, ITB, Bandung.
- Sheriff R.E. and Geldart L.P., 1995, "*Exploration Seismology 2nd ed*", Cambridge University Press, USA
- Sismanto, 1995, "*Studi Redaman Gelombang Seismik Pada Data VSP (Vertical Seismic Profiling)*", Thesis Program Study Geofisika Terapan Fakultas Pasca Sarjana ITB, Bandung.
- Tarif, P., and Bourbie, T., 1987, "*Experimental Comparison between Spectral Ratio and Rise Time Techniques for Attenuation Measurement*", Geophysical Prospecting vol. 35, p. 668-680.
- Toksoz, M.N.,and Johnston, D.H.,1981, "*Seismic Wave Attenuation: Definitions and Terminology*", Geophysics reprint Series No.2, p.1-5.
- Toksoz,M.N., Johnston,D.H., and Timur,A.,1978, "*Attenuation of Seismic Wave in Dry and Saturated Rocks . II. Mechanism*", Geophysics vol.44. p. 691-711.